



12

## Gebrauchsmuster

U 1

- (11) Rollennummer G 94 08 384.3
- (51) Hauptklasse G03B 17/56  
Nebenklasse(n) G03B 15/00 F16M 11/42  
G05D 3/20
- Zusätzliche  
Information // G03B 15/08
- (22) Anmeldetag 20.05.94
- (47) Eintragungstag 04.08.94
- (43) Bekanntmachung  
im Patentblatt 15.09.94
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes  
Motion-Control-Anlage zur Steuerung von  
Kamerabewegungen
- (73) Name und Wohnsitz des Inhabers  
Magicmove Gesellschaft für visuelle Effekte mbH,  
80939 München, DE
- (74) Name und Wohnsitz des Vertreters  
Schroeter, H., Dipl.-Phys.; Fleuchaus, L.,  
Dipl.-Ing.; Lehmann, K., Dipl.-Ing., 81479  
München; Wehser, W., Dipl.-Ing., 30161 Hannover;  
Gallo, W., Dipl.-Ing. (FH), Pat.-Anwälte, 86152  
Augsburg

20.05.94

## Motion-Control-Anlage zur Steuerung von Kamerabewegungen

Die Erfindung betrifft eine Motion-Control-Anlage zur Steuerung von Kamerabewegungen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Anforderungen, die bei heutzutage üblichen Aufnahmen für kommerzielle Filme, wie z. B. Kinofilme oder Werbefilme, an die Kompliziertheit, die Präzision und Reproduzierbarkeit von Kamerabewegungen gestellt werden, haben einen Schwierigkeitsgrad erreicht, der häufig auch von erfahrenen Kameramännern nicht mehr ausschließlich manuell bewältigt werden kann. Insbesondere bei Trickfilmaufnahmen, bei denen real aufgenommene Szenen mit speziellen Effekten zu kombinieren sind, werden in der modernen Filmaufnahmetechnik immer höhere Anforderungen an die Führung der Filmkamera gestellt.

Die Kombination von Realaufnahmen mit Computeranimationen (z. B. wenn sich ein Mensch in einer von einem Computerprogramm generierten Welt bewegen soll oder wenn ein von einem Computerprogramm generierter virtueller Gegenstand in eine reale Aufnahme integriert werden soll), die Bewegung von miniaturisierten Modellen in einer realen Szenerie (z. B. Trickaufnahmen mit Modellen von Raumschiffen etc.), die Erzeugung von Filmtricks bei Kamerabewegungen (wie z. B. Doppelgängeraufnahmen, Entstehen und Verschwinden von Gegenständen, das Einkopieren von gezeichneten Trickfilmsequenzen in eine reale Szenerie etc.), zwingen den Regisseur und sein Filmaufnahmeteam sehr oft dazu, bei den Realaufnahmen darauf zu achten, daß zu jedem Zeitpunkt die Kameraposition exakt auf die später im Filmstudio den Realaufnahmen zu überblendenden Tricksequenzen abgestimmt ist.

Um diese hohen Anforderungen einhalten zu können, wird die Filmkamera auf einen auf einem Wagen verschiebbaren Filmkran montiert, der in der Regel

94.05.94

20.05.94

auf Schienen translatorisch bewegt werden kann. Weiterhin weisen solche Filmkräne in der Regel Vorrichtungen auf, um die Filmkamera um verschiedene Drehachsen zu bewegen, um so eine Vielzahl von Freiheitsgraden für die Bewegung der Filmkamera zur Verfügung zu stellen.

Um auch für eine eventuell nötige Vielzahl von Nachstellungen einer Realszene immer wieder exakt dieselbe Kamerafahrt durchführen zu können, werden die Bewegungen solcher Filmkräne in der Regel von computergesteuerten Schrittmotoren gesteuert. Hierbei sind in einem Leitrechner vorab für jeden Zeitpunkt der Kamerafahrt die auf die zu überblendenden Computeranimationen und Trickeffekte abgestimmten Sollkoordinaten für die verschiedenen Bewegungsachsen des Filmkrans aufgezeichnet worden. Diese Sollkoordinaten können ihrerseits wiederum mittels eines Computerprogramms generiert worden sein. Es ist jedoch auch möglich, daß diese Sollkoordinaten dadurch gewonnen werden, daß die Einstellungen des Kamerakopfs von einem Kameramann manuell durchgeführt werden, und daß Positionsaufnehmer am Filmkran vorgesehen sind, die diesen Kameraeinstellungen entsprechende Meßgrößen mittels geeigneten Meßwandlern auf den Leitrechner geben, wo diesen Meßgrößen entsprechende Koordinaten gespeichert werden und für spätere, computergesteuerte Wiederholungen zur Verfügung stehen.

Ein solcher computergesteuerter Filmkran samt Zubehör wird im Fachjargon als Motion-Control-Anlage bezeichnet.

Dabei ist zu beachten, daß die verwendete Motion-Control-Anlage gleichzeitig möglichst klein und handlich sein sollte, für den Einsatz an verschiedenen Aufnahmeorten leicht auseinander- und wieder zusammenbaubar sowie transportierbar sein sollte, daß der Filmkran für schnelle Kamerafahrten mit dabei auftretenden hohen Beschleunigungen des Kamerakopfes einerseits relativ wenig träge Masse aufweisen sollte, andererseits aber auch bei extrem hohen dynamischen Belastungen formstabil bleiben sollte (was in der Regel nur durch massenerhöhende Versteifungselemente erreicht werden kann), um auch Filmaufnahmen überblenden zu können, die teilweise bei langsamen Fahrten (geringe dynamische Beanspruchung) und teilweise bei schnellen Fahrten mit hohen Beschleunigungen (hohe dynamische Beanspruchung) aufgenommen worden sind. Des weiteren wäre es wünschenswert, eine Motion-Control-Anlage zu haben, die auch einem an einem konventionellen Kameraführungs-

94.08.94

system ausgebildeten, nicht mit computergestützten Hilfsmitteln sondern mit seinem "Gefühl" arbeitenden Kameramann ein Bedienungsgefühl (d. h. einen Bewegungswiderstand bei Kameranachwenks) bei manuell durchgeführten Kameranachwenks vermittelt, welches dem ihm von konventionellen Kameraführungssystemen vertrauten Bedienungsgefühl möglichst nahe kommt.

Neben der Verwendung von computergesteuerten Schrittmotoren ist die Genauigkeit der verwendeten mechanischen Komponenten und insbesondere der Antriebsvorrichtungen für die verschiedenen Bewegungsmöglichkeiten einer Motion-Control-Anlage eine wesentliche Voraussetzung für eine exakte Reproduzierbarkeit der gewünschten Kamerabewegungen. Die größten Probleme treten hierbei erfahrungsgemäß mit dem Kameraarm des Filmkrans auf, an dessen Ende die aufzeichnende Kamera sitzt und der im allgemeinen um zwei Achsen drehbar ist (Schwenk- und Neigungsbewegungen). Um hierbei die Auswirkungen der Elastizität der verwendeten Antriebe auf die Positioniergenauigkeit möglichst gering zu halten, werden bei Motion-Control-Anlagen nach dem Stand der Technik eine Reihe verschiedener Antriebssysteme für die Schwenk- und Neigungsbewegungen des Kameraarms verwendet.

Bei den Antriebssystemen ist für Motion-Control-Anlagen unter anderem die Verwendung von Antrieben mit Spindelgetrieben bekannt, die aber oft eine limitierte Bewegungsfreiheit nach sich ziehen, bzw. über sehr ungünstige Hebel die Kraft einleiten, was wiederum sehr stabile und wegen der dafür benötigten massiven Bauteile relativ schwere Aufbauten zur Folge hat, die ein ungünstiges Beschleunigungsverhalten zeigen.

Weiterhin ist die Verwendung von Zahnkränzen mit Getriebebeschnecken bekannt, die aber den Nachteil zeigen, daß sie zu Spiel und damit zu Positionierungsungenauigkeiten neigen.

Des weiteren sind Motion-Control-Anlagen bekannt, die vollständig auf die Verwendung eines schwenk- und neigbaren Kameraarms verzichten, und stattdessen ausschließlich Linearantriebe verwenden. Dies führt jedoch zu sehr weit ausladenden Systemen mit begrenztem Aktionsradius.

In Bezug auf die Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität beim Auf- und Umbau zeigen bekannte Motion-Control-Anlagen aufgrund ihrer häufig sehr schweren

20.05.94  
- 4 -

Aufbauten ebenfalls gravierende Mängel, die es zu überwinden gilt.

Zudem zeigen bekannte Motion-Control-Anlagen häufig ein für an herkömmlichen Kameraführungssystemen geschulte Kameraleute ungewohntes und stark gewöhnungsbedürftiges mechanisches Trägheitsverhalten bei der manuellen Führung von Kamerafahrten, was relativ häufig zu einer Ablehnung solcher Systeme durch die Kameraleute führt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, eine Motion-Control-Anlage mit Antriebsvorrichtungen für den Filmkran bereitzustellen, welche mit einfachen Mitteln eine extrem genaue und reproduzierbare Positionierung des Kameranischwenkarms bezüglich der aufgrund der Bauweise des Filmkrans vorgegebenen Bewegungsfreiheitsgrade ermöglicht, welche dabei gleichzeitig möglichst kompakt und einfach aufbaubar ist und deren Funktionsweise der gewohnten Arbeitsweise eines Kameramanns entgegenkommt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Motion-Control-Anlage nach Anspruch 1 gelöst. Die Ansprüche 2 bis 12 betreffen vorteilhafte Weiterentwicklungen der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage.

Die Besonderheiten und Vorzüge der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage werden im folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1            eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage;
- Fig. 2            einen Teilschnitt längs der Linie II - II der Fig. 1 auf Antriebsvorrichtungen zum Schwenken des Filmkrans um eine vertikale Achse;
- Fig. 3            eine perspektivische Ansicht eines in der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage verwendeten Schrittmotors mit zugehörigem Getriebeblock und optischem Positionsmelder;
- Fig. 4            einen Schnitt durch einen mit einem Kurbelflansch zur manuellen Positionierung versehenen Kurbelblock mit einem

94.08.94

20.05.94  
- 5

Positionsaufnehmer zur Registrierung von manuell eingestellten Positionierungsdaten der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage;

Fig. 5

und 6a, 6b perspektivische Ansichten der Teile einer in einer erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage verwendeten Schnellspannvorrichtung zur Straffung eines parallel zu am Boden verlegten Schienen verlaufenden Zahnriemens zur Führung der translatorischen Bewegung des Filmkrans; und

Fig. 7 eine Vergrößerung eines Teilausschnitts der Fig. 6b.

Fig. 1 zeigt eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage, welche folgende Baugruppen umfaßt: ein am Boden verlegtes Schienenpaar 18; einen auf diesem Schienenpaar 18 sich translatorisch bewegenden Wagen 3; einen auf diesem Wagen 3 aufmontierten drehbaren Turmaufbau 20a, 20b eines Filmkrans 1 samt Antriebsvorrichtungen; sowie einen Kameraarm 4 samt Antriebsvorrichtungen, der an diesem Filmkran 1 neigbar angebracht ist, und an dessen einem Ende sich ein Kamerahalter 15 befindet.

Diese Baugruppen werden im folgenden näher beschrieben.

Das am Boden verlegte Schienenpaar besteht aus baukastenartig in einander einsteckbaren einzelnen Schienensegmenten, die parallel zu einander verlaufende Längssegmente 18 sowie senkrecht dazu verlaufende Quersegmente 10 umfassen. Parallel zu den Führungsschienen 18 verläuft ein erster Zahnriemen 12, der mittels einer zweiteiligen Spannvorrichtung 2, 7 straff gespannt werden kann, die in ebenfalls quer zur Schienenrichtung verlaufenden Schwellen 40 integriert ist. Diese Schwellen 40 sind längs der in Fig. 1 gezeigten x-Richtung beliebig verschiebbar und an beliebigen Positionen längs der Schienen arretierbar. Der Zahnriemen 12 kann beliebig länger sein als die ausgelegten Schienen (dies ist in Fig. 1 dadurch angedeutet, daß ein Stummel 32 des ersten Zahnriemens 12 an der linken Seite übersteht) und eine Verlängerung des

94.08.94

20.05.94  
- 6

Schienenpaars ist somit durch Hinzufügen weiterer Schienensegmente und Einspannen weiterer Abschnitte des ersten Zahnriemens 12 möglich.

Die zweiteilige Spannvorrichtung 2, 7 zur Straffung des ersten Zahnriemens 12 wird in Verbindung mit Fig. 5, 6a, 6b und 7 weiter unten ausführlicher erläutert.

Der erste Zahnriemen 12 greift in eine erste Gruppe von Antriebskomponenten, die eine Zahnriemenscheibe 19a sowie zwei Umlenkrollen 19b und 19c umfaßt, welche am Wagen 3 des Filmkrans 1 angebracht sind, wobei ihre Drehachsen in horizontaler Richtung verlaufen. Die Zahnriemenscheibe 19a sitzt auf einem ersten Präzisionsgetriebe (nicht gezeigt), welches wiederum auf der Welle eines am Wagen 3 angebrachten ersten Schrittmotors (nicht gezeigt) befestigt ist. Die Drehbewegung dieses von einem Leitreechner (nicht gezeigt) gesteuerten ersten Schrittmotors wird mittels des ersten Präzisionsgetriebes und des Omega-förmig um die Zahnriemenscheibe 19a und die Umlenkrollen 19b und 19c geführten ersten Zahnriemens 12 auf alle Antriebskomponenten übertragen und es ergibt sich eine translatorische Bewegung des Wagens 3 in x-Richtung, die mittels an der Unterseite des Wagens 3 angebrachter und auf den Schienen 18 laufender Doppelrollen 11 hervorgerufen wird.

Die Zahnriemenscheibe 19a und die Umlenkrollen 19b und 19c sind möglichst eng beieinander liegend angeordnet, so daß die zwischen ihnen liegenden und vom straff gespannten ersten Zahnriemen 12 frei überspannten Strecken möglichst kurz sind. Dadurch ergibt sich ein geringes Spiel in der translatorischen Bewegung des Wagens 3 und somit eine sehr hohe Positionierungsgenauigkeit längs der x-Achse.

Neben der ersten Gruppe von Antriebskomponenten befindet sich in deren Nähe auf dem Wagen eine zweite Gruppe von Antriebskomponenten, die zwei Zahnriemenscheiben 8 und 9 sowie zwei Umlenkrollen 17a und 17b umfaßt, um die ein zweiter Zahnriemen 24 gespannt ist. Dabei sitzt die Zahnriemenscheibe 9 auf einem zweiten Präzisionsgetriebe 16, welches wiederum auf der Welle eines am Wagen 3 angebrachten zweiten Schrittmotors (nicht gezeigt) befestigt ist. Die Drehachsen der Antriebskomponenten dieser zweiten Gruppe verlaufen in vertikaler Richtung. Diese Antriebskomponenten werden in Verbindung mit Fig. 2 weiter unten ausführlicher erläutert.

94.05.94

20.05.94  
- 7 -

Auf dem in Fig. 1 gezeigten Wagen 3 befindet sich ein turmförmig aufgebauter Filmkran 1, der um eine vertikal verlaufende Achse  $\underline{w}$  (Drehwinkel  $\beta$ ) um  $360^\circ$  gedreht werden kann. Durch die Drehachse  $\underline{w}$  des Turmaufbaus 20a, 20b des Filmkrans 1 verläuft ein um eine horizontale Achse  $\underline{z}$  (Neigungswinkel  $\alpha$ ) neigbarer (Kamera)-Schwenkarm 4, an dessen einem Ende eine Kamerahalterung 15 angebracht ist. Am anderen Ende des Kameraarms 4 befindet sich ein austauschbares Gegengewicht 6 zum Austarieren der kameraseitig aufgebraachten Massen. Dadurch befindet sich die durch die beiden Hebelarme des Kameraarms 4 gebildete "Waage" im wesentlichen im Gleichgewicht und es werden nur geringe Kräfte zum Absenken bzw. Anheben der kameraseitig aufgebraachten Massen benötigt.

Der Kameraarm 4 besteht vorteilhafterweise aus einem aus Faserverbundwerkstofflaminaten aufgebauten Rohr, welches z. B. aus in einer Kunststoffmatrix eingebetteten Kohlenstoffasern aufgebaut sein kann und welches auch bei den während schneller Kamerafahrten auftretenden hohen dynamischen Belastungen eine hohe Torsions- und Biegesteifigkeit bei gleichzeitig relativ niedriger Masse zeigt. Zur Optimierung der statischen und dynamischen Steifigkeiten des Laminataufbaus können Finite-Elemente-Berechnungen angewendet werden.

Oberhalb der horizontal durch die vertikal verlaufende Achse  $\underline{w}$  des oberen Teils 20b des Turmaufbaus verlaufenden Neigungsachse  $\underline{z}$  des Kameraarms 4 ist eine dritte Gruppe von Antriebskomponenten angebracht, welche unter anderem die Zahnriemenscheibe 14a und die beiden Umlenkrollen 14b und 14c umfaßt, deren Drehachsen in horizontaler Richtung verlaufen, und die mit dem oberen Teil 20b des Turmaufbaus verbunden sind. Weiterhin ist ein im wesentlichen halbkreisförmiges Zahnriemenscheibensegment 25 vorgesehen, das mit dem Kameraarm 4 fest verbunden und ebenfalls um die horizontal verlaufende Neigungsachse  $\underline{z}$  schwenkbar ist, und einen wesentlichen größeren Durchmesser aufweist als die Zahnriemenscheibe 14a und die beiden Umlenkrollen 14b und 14c.

Die Zahnriemenscheibe 14a sitzt auf einem dritten Präzisionsgetriebe (nicht gezeigt), und dieses wiederum auf der Welle eines ebenfalls vom Leitreechner gesteuerten dritten Schrittmotors (nicht gezeigt). Ein dritter Zahnriemen 30

94.05.94



20.05.94  
- 8 -

verläuft im wesentlichen längs des Umfangs des Zahnriemenscheibensegments 25, und ist an dessen Enden mit Befestigungselementen 31 fixiert. Dieser dritte Zahnriemen 30 ist zusätzlich Omega-förmig um die dritte Gruppe von Antriebskomponenten 14a, 14b und 14c geschlauft. Die Drehbewegung des dritten Schrittmotors wird somit mittels des dritten Präzisionsgetriebes und des dritten Zahnriemens 30 auf alle Antriebskomponenten der dritten Gruppe und das im wesentlichen halbkreisförmige Zahnriemenscheibensegment 25 übertragen. Der Kameraarm 4 neigt sich somit bei Betätigung des dritten Schrittmotors mit dem mit ihm fest verbundenen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegment 25, wobei aufgrund der gewählten Durchmesser für die Zahnriemenscheibe 14a, die beiden Umlenkrollen 14b und 14c und das Zahnriemenscheibensegment 25 eine starke Untersetzung der Drehbewegung des dritten Schrittmotors erfolgt.

Die Zahnriemenscheibe 14a und die zwei Umlenkrollen 14b und 14c liegen zudem möglichst eng beieinander sowie möglichst eng am Umfang des im wesentlichen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegments 25, um die dazwischen liegenden, vom gestrafften dritten Zahnriemen 30 frei überspannten Strecken möglichst kurz zu halten. Zusätzlich sind die beiden Umlenkrollen 14b und 14c gegeneinander verschiebbar, um die Straffung des dritten Zahnriemens 30 regulieren zu können. In Verbindung mit der starken Untersetzung wird somit das Spiel in der Übertragung der Drehbewegung des dritten Schrittmotors auf den Kameraarm 4 möglichst gering gehalten, und somit eine hohe Positionierungsgenauigkeit für den Neigungswinkel  $\alpha$  des Kameraarms erreicht.

An dem im wesentlichen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegment 25 ist eine Nivelliervorrichtung in Form einer Wasserwaage 23 angebracht, die beim Aufbau der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage in Verbindung mit Justierungsarbeiten dazu dient, die Horizontale im Raum festzulegen.

An der dem Gegengewicht 6 gegenüberliegenden Seite des Kameraarms 4 ist die Kamerahalterung 15 angebracht. Diese umfaßt einen im wesentlichen L-förmigen Kamerahalterahmen 15a, der an seiner Rückseite mittels Gelenken 26 bzw. 27 am Kameraarm 4 bzw. an parallel zum Kameraarm 4 verlaufenden Führungsstangen 5 befestigt ist. Bevorzugterweise werden dabei

94.08.94

20.05.94  
- 9 -

zwei parallel zueinander laufende Führungsstangen 5 verwendet (in der Seitenansicht in Fig. 1 ist die hintenliegende Führungsstange durch die vorne liegende verdeckt), die mit ihren der Kamerahalterung 15 abgewandten Enden auf beiden Seiten des Turmaufbaus 20b in parallel zur Neigungsachse  $z$  des Kameraarms 4 verlaufenden Drehlagern 29 gelagert sind. Der Kameraarm 4 und die beiden Führungsstangen 5 verlaufen für alle Neigungswinkel  $\alpha$  des Kameraarms 4 parallel zueinander.

Auf dem im wesentlichen L-förmigen Kamerahalter 15 ist eine feststehende Auflageplatte 28 angebracht, auf der ein die Kamera aufnehmender und seinerseits nochmals um mehrere Achsen schwenkbarer Kamerakopf (nicht gezeigt) gelagert wird. Aufgrund der durch den Kameraarm 4 und die beiden Führungsstangen 5 gebildeten Parallelogrammführung bleibt die Auflageplatte 28 für alle Neigungswinkel  $\alpha$  des Kameraarms 4 horizontal ausgerichtet, d. h. die Auflageplatte wird beim Neigen des Kameraarms lediglich in vertikaler  $y$ -Richtung abgesenkt bzw. angehoben. Die letztendliche Festlegung der Blickrichtung der Kamera erfolgt durch die relativ zur horizontal feststehenden Auflageplatte 28 durchgeführten Dreh-, Schwenk- und Kippbewegungen des Kamerakopfs.

Der im wesentlichen L-förmige Kamerahalter 15a kann mitsamt dem auf seiner Auflageplatte 28 befestigten Kamerakopf ausgebaut und um  $180^\circ$  gedreht wieder eingebaut werden, was einen zusätzlichen Freiheitsgrad für die Kameraführung ergibt.

Fig. 2 zeigt die oben bereits erwähnte zweite Gruppe von Antriebskomponenten mit vertikal verlaufenden Drehachsen nochmals in Draufsicht längs der in Fig. 1 gezeigten Linie II - II.

Dabei ist der zweite Zahnriemen 24 um eine auf dem zweiten Präzisionsgetriebe 16 sitzende kleinere Zahnriemenscheibe 9 sowie Omega-förmig über zwei Umlenkrollen 17a, 17b geführt um eine mit dem unteren Teil 20a des Turmaufbaus festverbundene, wesentlich größere Zahnriemenscheibe 8 geschlungen, welche zur Umsetzungen der Drehbewegung der kleineren Zahnriemenscheibe 9 dient. Das zweite Präzisionsgetriebe 16 sitzt seinerseits auf der Welle eines vom Leitreechner gesteuerten zweiten Schrittmotors (nicht gezeigt). Somit wird die Drehbewegung des zweiten Schrittmotors mittels des

94.08.94

20.05.94  
- 10 -

zweiten Präzisionsgetriebes 16, des zweiten Zahnriemens 24 und der mit dem unteren Teil 20a des Turmaufbaus festverbundenen größeren Zahnriemenscheibe 8 auf den Turmaufbau 20a, 20b übertragen. Dabei liegen die kleinere Zahnriemenscheibe 9, die beiden Umlenkrollen 17a, 17b sowie die wesentlich größere Zahnriemenscheibe 8 möglichst eng beieinander, um die dazwischen liegenden, von dem zweiten Zahnriemen 24 frei überspannten Strecken möglichst kurz zu halten. Eine oder beide der Umlenkrollen 17a, 17b sind so ausgeführt, daß sie auf dem Wagen 3 verschiebbar sind, und somit enger aufeinander zu bzw. weiter voneinander weg bewegt werden können, so daß sich dadurch die Straffung des zweiten Zahnriemens 24 regulieren läßt.

Da bei allen drei Schrittmotoren der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage die die Bewegungen der Antriebsmotoren übertragenden Antriebskomponenten sehr eng beieinander liegend gewählt sind, und zusätzlich starke Untersetzungsverhältnisse für die Dreh- und Neigungsbewegungen des Kameraarms 4 gewählt sind, wird ein auf der der Antriebsseite eventuell auftretendes Spiel und/oder eine Elastizität möglichst stark untersetzt, und damit die Auswirkungen auf die Kamerabewegungen möglichst gering gehalten.

Als besonders vorteilhaft hat es sich in der Praxis dabei erwiesen, bei den Zahnriemen und korrespondierenden Zahnriemenscheiben halbkreisförmige statt trapezförmige Zahnprofile zu verwenden, da sich dadurch nochmals eine Verringerung des Spiels in der Verzahnung erzielen läßt.

Fig. 3 zeigt schematisch die grundsätzliche Anordnung der Schrittmotoren, wie sie weiter oben in Verbindung mit Fig. 1 und 2 bezüglich der drei Gruppen von Antriebskomponenten erwähnt worden sind. Zur exakten Einstellung einer gewünschten Position greift dabei ein Präzisionsgetriebe 49, welches das Drehmoment des Schrittmotors 44 auf eine sich in Fig. 3 unterhalb des Schrittmotors befindliche Zahnriemenscheibe 45 überträgt, in die Antriebswelle 46 eines vom Leitrechner (nicht gezeigt) gesteuerten Schrittmotors 44. Um diese vom Präzisionsgetriebe 49 angetriebene Zahnriemenscheibe 45 ist dann, wie oben in Verbindung mit Fig. 1 und Fig. 2 erläutert, ein Zahnriemen geschlungen, der straff gespannt um zugehörige, möglichst in nächster Nähe liegende Antriebskomponenten geführt ist, um eine Dreh- oder Neigungsbe-

94.08.94

20.05.94  
- 11 -

wegung des Kameraarms 4 oder eine translatorische Bewegung des Wagens 3 hervorzurufen. Die oben in Verbindung mit Fig. 1 und 2 beschriebene starke Untersetzung der Drehbewegungen des zweiten bzw. dritten Schrittmotors für die Dreh- bzw. Neigungsbewegung des Kameraarms 4 mittels der in Verbindung mit Fig. 1 und 2 ausführlich diskutierten Zahnriemenscheibe 8 bzw. dem Zahnriemenscheibensegment 25 führt in Verbindung mit der Tatsache, daß die jeweiligen Antriebszahnriemenscheiben der Antriebskomponenten nicht direkt auf der Welle 46 des jeweils betreffenden Schrittmotors 44 sitzen, sondern die Drehmomentübertragung mittels eines Präzisionsgetriebes 49 erfolgt, dazu, daß eine sehr hohe Positionierungsgenauigkeit und eine günstige Drehmomentübertragung erzielt wird.

Vor jeder Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage müssen die Nullpositionen aller Bewegungsachsen kalibriert werden, um eine Übereinstimmung zwischen im Leitrechner abgespeicherten Sollkoordinaten und den von den Schrittmotoren tatsächlich eingestellten Koordinaten zu erhalten. Zu diesem Zwecke sind für jeden Bewegungsfreiheitsgrad (Drehwinkel  $\beta$ , Neigungswinkel  $\alpha$ , Verschiebung  $\underline{x}$ ) jeweils zwei getrennte Positionsmelder vorgesehen, nämlich einer für eine Feineinstellung sowie ein weiterer für eine Grobeinstellung.

An dem in Fig. 3 gezeigten Schrittmotor 44 ist für die Feineinstellung ein erster Positionsmelder angebracht, der die Winkelstellung der Welle 46 erfaßt. Diese Erfassung der Winkelstellung kann, wie in Fig. 3 gezeigt, z. B. mittels eines optischen Positionsmelders erfolgen, der aus einer auf der Welle 46 des Schrittmotors 44 aufgesteckten, mit einem Markierungsschlitz 43 versehenen Scheibe 47 sowie einer relativ zum Wagen 3 ruhenden Lichtschranke 41 besteht, die anspricht, wenn ein Lichtstrahl durch den Schlitz 43 der Scheibe fällt und in einen Fotodetektor gelangt (dies wird im weiteren als Nulldurchgang des Positionsmelders bezeichnet). Grundsätzlich lassen sich statt solcher Lichtschranken-Positionsmelder natürlich auch andere Arten von Positionsmeldern verwenden, wie z. B. Magnetkontakt-Positionsmelder etc.

Dieser erste Positionsmelder hat natürlich die größtmögliche Positionierungsgenauigkeit für den zugehörigen Schrittmotor. Er zeigt jedoch bei jeder vollen Drehung der Welle des Schrittmotors um  $360^\circ$  einen weiteren Nulldurchgang

04.08.94

20.05.94  
- 12 -

an, d. h. eine Kalibrierungsposition läßt sich mittels eines solchen ersten Positionsmelders nur mit der Periodizität  $2\pi$  genau festlegen. Zur eindeutigen Festlegung eines vorbestimmten Nulldurchgangs dieses ersten Positionsmelders wird deshalb zusätzlich das Signal eines weiteren, sehr viel gröber arbeitenden zweiten Positionsmelders (nicht gezeigt) verwendet, der im Prinzip ähnlich wie der erste Positionsmelder aufgebaut ist.

Der zum jeweiligen Bewegungsfreiheitsgrad des jeweils ersten Positionsmelder korrespondierende zweite Positionsmelder ist irgendwo beliebig an einer geeigneten Stelle am Kameraarm 4 oder am Wagen 3 angebracht, wo er die vom ersten Positionsmelder erfaßte Dreh- bzw. Neigungsbewegung des Kameraarms 4 (Drehwinkel  $\beta$  bzw. Neigungswinkel  $\alpha$ ) bzw. die translatorische Bewegung (Verschiebung  $x$ ) analog zum jeweils zugehörigen ersten Positionsmelder, aber mit einer wesentlich gröberen Auflösung als dieser, erfaßt. Dabei wird dieser zugehörige zweite Positionsmelder so ausgelegt, daß über den gesamten möglichen Wertebereich des zugehörigen Bewegungsfreiheitsgrads nur einen einzigen Nulldurchgang zeigt.

Geht man z. B. vom Drehwinkel  $\beta$  des Filmkrans 1 als betreffenden Bewegungsfreiheitsgrad aus, so ist ein korrespondierender zweiter Positionsmelder z. B. in Form einer sich auf dem Wagen 3 befindlichen Lichtschranke und einer sich mit dem Turmaufbau 20a, 20b drehenden Markierungsscheibe vorgesehen. Dieser zweite Positionsmelder zeigt bei einer vollen Drehung des Turmaufbaus um  $360^\circ$  einen einzigen Nulldurchgang, während der am für die Erzeugung der Drehbewegung des Filmkrans verantwortlichen zweiten Schrittmotor angebrachte erste Positionsmelder für den Drehwinkel  $\beta$  bei einer solchen Drehung des Filmkrans 1 um  $360^\circ$  eine Vielzahl von Nulldurchgängen durchläuft.

Die oben geforderte eindeutige Festlegung einer Kalibrierungsposition mittels eines vorbestimmten Nulldurchgangs des ersten Positionsmelders läßt sich nun dadurch erreichen, daß ein vorbestimmter Nulldurchgang des feiner arbeitenden ersten Positionsmelders mit dem Nulldurchgang des wesentlich gröber arbeitenden korrespondierenden zweiten Positionsmelders zusammenfällt.

Legt man die Signale der beiden zu einem Bewegungsfreiheitsgrad gehörenden ersten und zweiten Positionsmelder (also z. B. die Ausgangssignale ihrer

94.05.94

20.05.94  
- 13 -

Fotodetektoren) so fest, daß sie bei ihren Nulldurchgängen jeweils auf einem Logikpegel "HIGH" und ansonsten auf einem Logikpegel "LOW" liegen, und führt diese Signale für jedes Paar von dem feiner auflösenden ersten Positionsmelder sowie dem korrespondierendem gröber auflösenden zweiten Positionsmelder einem "UND"-Gatter zu, so kann nach Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage ein vom Leitreechner automatisch gesteuertes Finden der gewünschten Kalibrierungsposition für den betreffenden Bewegungsfreiheitsgrad erfolgen.

Hierzu wird der Leitreechner für die Ansteuerung der drei Schrittmotoren für die Bewegungsfreiheitsgrade Verschieben (Verschiebung  $x$ ), Neigen (Neigungswinkel  $\alpha$ ) und Drehen (Drehwinkel  $\beta$ ), so programmiert, daß er nach Anschalten der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage jeden einzelnen der drei zugehörigen Schrittmotoren ansteuert und in Bewegung versetzt, wobei vom Leitreechner laufend die Signale überprüft werden, die von zu den drei Schrittmotoren und ihren jeweils zugehörigen ersten und zweiten Positionsmeldern gehörigen "UND"-Gattern eingehen. Solange sich diese Signale auf einem Logikpegel "LOW" befinden heißt das, daß die zugehörige Kalibrierungsposition des betreffenden Bewegungsfreiheitsgrades nicht erreicht worden ist, da sich zumindest einer der beiden zugehörigen ersten oder zweiten Positionsmelder nicht an einem Nulldurchgang befindet, mithin also ein "LOW"-Signal auf das zugehörige "UND"-Gatter sendet, was wiederum zu einem "LOW"-Ausgangssignal dieses "UND"-Gatters führt.

Solange ein derartiges "LOW"-Ausgangssignal von einem "UND"-Gatter auf dem Leitreechner eintrifft, wird von diesem der zugehörige Schrittmotor weiterhin in Bewegung gehalten. Trifft von einem "UND"-Gatter jedoch ein "HIGH"-Ausgangssignal beim Leitreechner ein, so heißt das, daß beide Positionsmelder für den zugehörigen Bewegungsfreiheitsgrad sich bei einem Nulldurchgang befinden, mithin also die gewünschte Kalibrierungsposition für diesen Bewegungsfreiheitsgrad erreicht ist. Der Leitreechner stoppt dann die Bewegung des zugehörigen Schrittmotors sofort an diesem Punkt. Wenn für alle "UND"-Gatter "HIGH"-Signale am Leitreechner eingetroffen sind, und dieser alle zugehörigen Schrittmotoren gestoppt hat, befindet sich die erfindungsgemäße Motion-Control-Anlage wie gewünscht in den Kalibrierungspositionen für alle ihre Bewegungsfreiheitsgrade.

9408384

20.05.94  
- 14 -

Trotz aller technischer Möglichkeiten von modernen, computergestützten Motion-Control-Anlagen kommt es in der Praxis bei der Aufnahme von Realszenen häufig vor, daß Kamerabewegungen, die von einer Motion-Control-Anlagen durchgeführt werden sollen, manuell kontrolliert werden müssen. Werden z. B. bei der Aufnahme von Realszenen Schauspieler als Akteure eingesetzt und muß eine Szene mit Schauspielern mehrfach gespielt werden, bis der Regisseur mit der Aufnahme wirklich zufrieden ist, so können sich erfahrener Kameraleute auf die von einer Wiederholung einer Szene zur nächsten unweigerlich auftretenden kleinen Abweichungen in den Bewegungen der Schauspieler und deren Bewegungsrhythmus besser einstellen als ein mit mathematischer Präzision von einem Computer gesteuerter Kamerakopf. Hier kann ein Kameramann mit seiner Erfahrung und Intuition die Kamerabewegungen flexibler und angemessener durchführen als eine rein softwaregesteuerte Motion-Control-Anlage, d.h. die von einem Kameramann gewählten Positionierungen und Führungsgeschwindigkeiten des Kamerakopfs sind z. B. auf die natürlichen Bewegungsabläufe der Schauspieler besser abgestimmt als die mittels computergenerierter Daten erzeugten Positionierungskordinaten für den Kamerakopf.

Zur anschließenden Überblendung von Trick- oder Computersequenzen in diese Realaufnahmen hinein ist es jedoch notwendig, daß die von einem Kameramann manuell geführten Bewegungen des Kamerakopfs in einem Computer aufgezeichnet und abgespeichert werden, um die bei den manuell geführten Realaufnahmen durchlaufenen Kamerapositionen anschließend für die Trickaufnahmen exakt reproduzieren zu können.

Um dies zu erreichen ist bei der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage vorgesehen, daß sie zwischen zwei Betriebsarten, nämlich einer "Automatik"-Betriebsart und einer "Manuell"-Betriebsart umschaltbar ist.

In der "Automatik"-Betriebsart gibt, wie oben beschrieben, ein Leitrechner Stellwerte (vorab im Leitrechner abgespeicherte Positionierungskordinaten) auf Schrittmotoren und der Kamerakopf führt darauf hin die diesen Positionierungskordinaten entsprechenden Bewegungen durch.

In der "Manuell"-Betriebsart läuft gewissermaßen der umgekehrte Vorgang ab: Der Kamerakopf wird von einem Kameramann manuell in eine bestimmte

94.05.94

20.05.94  
- 15 -

Einstellung gebracht, die dieser Einstellung entsprechenden Positionierungs-kordinaten werden mittels an den Antriebsvorrichtungen für die einzelnen Bewegungsfreiheitsgrade des Kamerakopfs angebrachten Positionsaufnehmern aufgenommen und auf den Leitreechner überspielt, der in dieser Betriebsart diese Positionierungskordinaten in einem Speichermedium aufzeichnet, von wo sie dann für in Zukunft stattfindende Bewegungsabläufe als Stellgrößen für die Kamerabewegungen im "Automatik"-Betrieb zur Verfügung stehen.

Dabei wird bei herkömmlichen Motion-Control-Anlagen in der Regel die Einstellung entsprechender Positionierungskordinaten für die Antriebsvorrichtungen für einen einzelnen Bewegungsfreiheitsgrad mittels einer Kurbeleinheit durchgeführt, die von einem Kameramann bedient wird und bei der eine vom Kameramann zu drehende Kurbel gemeinsam mit einem Positionsaufnehmer auf ein und derselben Welle sitzt, deren Drehung für die Veränderung eines Bewegungsfreiheitsgrads des Kamerakopfs sorgt. Die mittels dieser Kurbeleinheit vom Kameramann festgelegte Kameraeinstellung wird mittels Positionsaufnehmern und Meßgrößenwandlern direkt auf den Leitreechner gespielt. Die Auflösung der Bewegungsschritte (d. h. die Inkrementalisierung der vom Kameramann durchgeführten Bewegungen) wird bei diesen herkömmlichen Motion-Control-Anlagen für alle Drehgeschwindigkeiten der Kurbel mittels Software durchführt. Diese Vorgehensweise wird von vielen Kameraleuten als "synthetisch" und "unnatürlich" empfunden, da sie von konventionellen Kameraführungssystemen mit den dort verwendeten Kurbeleinheiten ein anderes "mechanisches Gefühl" für den Kamerakopf vermittelt bekommen, d.h. der Kamerakopf zeigt ein anderes Trägheitsverhalten bei der Durchführung von Kameraschwenks als dies bei den oben beschriebenen herkömmlichen Motion-Control-Anlagen durch die softwaregestützte Auflösung des Bewegungsablaufs simuliert wird.

Der Kameramann vertraut bei seiner Kameraführung intuitiv auf das Trägheitsverhalten des Kamerakopfs, und aus diesem Trägheitsverhalten bezieht er seinerseits laufend eine Rückkopplung für die von ihm durchzuführenden Bewegungen. Da ihm aber bei herkömmlichen Motion-Control-Anlagen diese direkte Rückkopplung fehlt, ist er von den Ergebnissen der mittels Software vom Leitreechner erzeugten Auflösung häufig überrascht, da sie nicht seinen Erwartungen entsprechen.

94.08.94



20.05.94  
- 16 -

Um dem Kameramann und seinen Gewohnheiten besser entgegenkommen zu können, sieht die erfindungsgemäße Motion-Control-Anlage vor, daß eine von herkömmlichen Motion-Control-Anlagen an sich bekannte Kurbeleinheit mit Positionsaufnehmern zur manuellen Steuerung von Keraschwenks mit einem vom Kameramann zu schaltenden Übersetzungsgetriebe versehen ist, um so ein Trägheitsverhalten zu erreichen, wie es der Kameramann von konventionellen Kurbeleinheiten gewohnt ist.

Fig. 4 zeigt im Schnitt den schematischen Aufbau einer Kurbeleinheit 60 zur manuellen Führung des Kamerakopfs um eine Bewegungsachse in der "Manuell"-Betriebsart einer erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage. In dieser Kurbeleinheit 60 ist eine erste Welle 61 gelagert, die sich von einer ersten Außenwand 80 der Kurbeleinheit 60 ungefähr bis zu einer in etwa in deren Mitte verlaufenden Zwischenwand 81 erstreckt und auf welcher sich eine vom Kameramann manuell zu drehende Kurbel 62 sowie in einem ersten Zwischenraum 83 drei unterschiedlich große Zahnräder 63, 64 und 65 befinden. Diese erste Welle ist in axialer Richtung (Doppelpfeil) verschiebbar. Dadurch kann je eines der drei Zahnräder 63, 64 und 65 in je eines von drei weiteren korrespondierenden Zahnrädern 66, 67 und 68 eingreifen, die sich auf einer parallel zur ersten Welle 61 gelagerten zweiten Welle 69 befinden, welche von der ersten Außenwand 80 der Kurbeleinheit 60 zur gegenüberliegenden Außenwand 82 der Kurbeleinheit verläuft. Dadurch bilden die sechs Zahnräder 63, 64, 65, 66, 67 und 68 ein Zahnradgetriebe mit drei Übersetzungsstufen. In einem zweiten Zwischenraum 84 zwischen der Zwischenwand 81 und der zweiten Außenwand 82 der Kurbeleinheit 60 befinden sich auf dieser zweiten Welle 69 weiterhin eine erste Zahnriemenscheibe 70 sowie ein Schwungrad 75, welches ein relativ großes Trägheitsmoment aufweist. Um die sich auf der zweiten Welle 69 befindliche erste Zahnriemenscheibe 70 sowie um eine sich auf einer parallel zur ersten und zweiten Welle gelagerten dritten Welle 72 befindliche zweite Zahnriemenscheibe 73 ist ein Zahnriemen 71 geschlungen. Auf dieser dritten Welle 72 sitzt weiterhin ein Positionsaufnehmer (Encoder) 74, der den Drehwinkel der dritten Welle aufzeichnet und zu diesem Drehwinkel korrespondierende Signale mittels Signalleitungen (nicht gezeigt) auf den Leitrechner sendet, der seinerseits wiederum in Abhängigkeit von diesen Signalen die Schrittmotoren ansteuert. Für jeden der in Fig. 1 gezeigten

94.08.94

20.05.94  
- 17 -

Bewegungsfreiheitsgrade (Drehwinkel  $\beta$ , Neigungswinkel  $\alpha$ , Verschiebung  $x$ ) sowie für jeden der Bewegungsfreiheitsgrade des Kamerakopfes kann eine derartige Kurbeleinheit zur manuellen Einstellung der Position des Kamerakopfs angebracht sein.

In der "Manuell"-Betriebsart kann der Kameramann mittels einer derartigen in Fig. 4 gezeigten Kurbeleinheit die von ihm gewünschten Positionseinstellungen für einen Bewegungsfreiheitsgrad, z. B. bezüglich der in Fig. 1 gezeigten Neigungsachse  $z$  (Inklinationswinkel  $\alpha$ ), mittels der an der Kurbeleinheit angebrachten Kurbel 62 einstellen. Durch Drehen der Kurbel 62 werden die erste Welle 61 sowie die sich darauf befindlichen Zahnräder 63, 64 und 65 bewegt. Durch Verschieben der ersten Welle in axialer Richtung wird jeweils ein Kraftschluß zwischen einem Zahnrad auf der ersten Welle und einem korrespondierenden Zahnrad auf der zweiten Welle bewirkt, wodurch die zweite Welle samt der sich darauf befindlichen Schwungmasse 75 bewegt wird. Aufgrund der Wahlmöglichkeit zwischen drei Getriebestufen und damit drei Übersetzungsverhältnissen hat der Kameramann drei Möglichkeiten zur Einstellung des aufgrund des Trägheitsmoments der Schwungscheibe resultierenden Bewegungswiderstands zur Verfügung und kann sich die von ihm gewünschte Getriebestellung auswählen.

Neben dem in Verbindung mit Fig. 4 erläuterten Getriebe sind selbstverständlich auch andere bekannte Getriebemechanismen zum Schalten zwischen einzelnen Getriebestufen verwendbar.

Mittels dieser Kurbeleinheit der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage mit einem Schaltgetriebe und einer Schwungmasse wird somit dem Kameramann eine Arbeitsweise geboten, die weitgehend der an den ihm in der Regel besser vertrauten konventionellen Kameraführungssystemen praktizierten Arbeitsweise entspricht.

Um die wegen Drehterminen an verschiedenen Orten häufig nötigen Ab- und Aufbauarbeiten oder eine notwendige Verlängerung des Schienenwegs durch Hinzufügen weiteren Schienenelemente an der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage schnell durchführen zu können, und um nach jedem neu erfolgten Auf- oder Umbau einfach und schnell eine für die Positionierungsgenauigkeit der translatorische Bewegung des Wagens 3 gewünschte Straffung

94.08.94

20.05.94  
- 18 -

an dem parallel zu den Schienen 18 verlaufenden ersten Zahnriemen 12 durchführen zu können, sieht eine weitere Fortbildung der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage eine besondere, zweiteilige Schnellspannvorrichtung für diesen ersten Zahnriemen 12 vor, die in Fig. 5, 6a, 6b und 7 gezeigt ist.

Fig. 5 zeigt den in Fig. 1 links liegenden ersten Teil 2 der Schnellspannvorrichtung im geöffneten Zustand, der auf den Schienen 18 aufsetzbar ist. Bei einer notwendigen Verlängerung des Schienenwegs werden weitere Schienen 18 sowie Querträger 10 angefügt und ein zuvor noch nicht eingespanntes freies Stück des ersten Zahnriemens 12 (in Fig. 1 durch den Stummel 32 angedeutet) wird in den Schienenweg mit eingespannt. Dieser erste Teil 2 der Schnellspannvorrichtung besteht aus einer auf die Schienen 18 an einer beliebigen Stelle aufsteckbaren Schwelle 40, welche an ihren beiden Enden mit die Schienen 18 jeweils umfassenden und an einer beliebigen Position auf den Schienen mittels geeigneten Feststellvorrichtungen (z. B. Feststellschrauben) arretierbaren abgewinkelten Enden 85 versehen ist. Auf dieser Schwelle 40 ist eine mit zur Teilung des Zahnriemens 12 korrespondierenden Zahnstegen 87 versehene Auflageplatte 86 starr angebracht. Desweiteren umfaßt dieser erste Teil 2 der Schnellspannvorrichtung der erfindungsgemäßen Motion-Control-Anlage eine Stopplatte 88, die an ihrer Unterseite mit einer Längsnut 89 zur Aufnahme des Zahnriemens 12 versehen ist. Der Zahnriemen 12 wird mit seinen nach unten zeigenden Zähnen in die korrespondierenden Zahnstegen 87 auf dieser Auflageplatte 86 aufgelegt und mittels der von oben längs ihrer Längsnut 89 darüber gestülpten Stopplatte 88, die mit der Auflageplatte 86 z. B. mittels Schrauben fest aber lösbar verbindbar ist, auf der Auflageplatte 86 fixiert.

Fig. 6a und 6b zeigen den in Fig. 1 rechts liegenden zweiten Teil 7 der Schnellspannvorrichtung für den ersten Zahnriemen 12. Fig. 7 zeigt eine Vergrößerung eines Teilausschnitts der Fig. 6b.

Der zweite Teil 7 der Schnellspannvorrichtung umfaßt wiederum eine Schwelle 40, auf der eine Grundplatte 90 angebracht ist. Diese Grundplatte 90 ist an ihrer Oberseite mit einer Nut 91 versehen, in der eine verschiebbare Auflageplatte 92 in horizontaler Richtung parallel zu den Schienen 18 gleiten kann. Diese verschiebbare Auflageplatte 92 weist analog zur in Fig. 5 gezeigten

94.08.94

20.05.94  
- 19 -

Auflageplatte 86 des ersten Teils 2 der Schnellspannvorrichtung an ihre Oberseite zur Teilung des Zahnriemens 12 korrespondierende Zahnstege (nicht gezeigt) auf. Analog zu dem in Fig. 5 gezeigten ersten Teil 2 der Schnellspannvorrichtung wird der Zahnriemen 12 zwischen der verschiebbaren Auflageplatte 92 und einer von oben darauf angeschraubten, mit einer Längsnut zur Aufnahme des Zahnriemens 12 versehenen Stopplatte 93 eingeklemmt. Fig. 6a und 6b zeigen die verschiebbare Auflageplatte 92 und die zugehörige Stopplatte 93 im zusammengebauten Zustand, wobei der Zahnriemen 12 zwischen ihnen eingeklemmt ist.

Die verschiebbare Auflageplatte 92 ist an ihrem rückwärtigen Ende mit einem Fortsatz in Form einer senkrecht aufstehenden Platte 94 versehen, die eine horizontal verlaufende Bohrung aufweist, durch welche eine Schraube 95 gesteckt ist. Das Gewinde dieser Schraube 95 wird an ihrem dem Zahnriemen zugewandten Ende von einer Mutter 96 umgriffen. An dem dem Zahnriemen abgewandten Ende der senkrecht aufstehenden Platte 94 geht die Schraube 95 in einen Ringhaken 97 über, in den ein halbringförmig ausgebildetes Ende 98 einer ersten Gelenkstange 99 greift. Diese erste Gelenkstange 99 ist mit ihrem anderen Ende zwischen den Schenkeln eines als Spannbügels ausgeführten zweiten Gelenkglieds 100 drehbar gelagert. Das rückwärtige Ende dieses Spannbügels 100 ist mit einem quer dazu laufenden Zapfen 101 versehen, der in mehreren parallel hintereinanderliegenden Paaren von Zapfenlagern 102 eingehängt werden kann. Diese Zapfenlagerpaare 102 sind als Ausnehmungen auf beiden Seiten eines Rahmenprofils 103 mit im wesentlichen U-förmigen Querschnitt angebracht, welches der Führung dieses Zapfens 101 zwischen den durch diese Zapfenlagerpaare 102 festgelegten Arretierungspositionen des Spannbügels 100 (zweites Gelenkglied) dient. Dieser Zapfen 101 kann längs der in Fig. 6a und 6b gezeigten Pfeilrichtung zwischen den Zapfenlagern 102 verschoben werden.

Fig. 6a zeigt den zweiten Teil 7 der Schnellspannvorrichtung im entspannten Zustand. Dabei befinden sich die verschiebbare Auflageplatte 92 und die Stopplatte 93 samt dazwischen eingeklemmtem Zahnriemen 12 am vorderen Ende der sich auf der Grundplatte 90 befindlichen Nut 91. Die Mutter 96 auf der Schraube 95 ist gelöst, und das in den an der Schraube 95 angebrachten Ringhaken 97 eingreifende halbringförmig ausgebildete Ende 98 des ersten

94.08.94

20.05.94  
- 20 -

Gelenkglieds 99 ist ebenfalls nach vorne (zum in Fig. 5 gezeigten ersten Teil 2 der Schnellspannvorrichtung hin) geschoben. Dadurch befindet sich der Spannbügel 100 in einer schräg zur Horizontalen nach vorne weisenden Position.

In dieser Stellung des zweiten Teils 7 der Schnellspannvorrichtung kann nun am in Schienenrichtung gegenüberliegenden ersten Teil 2 gezogen werden, so daß die zum ersten Teil 2 gehörige Schwelle 40 und die darauf angebrachte Auflageplatte 86 und Stopplatte 88 samt dazwischen eingespanntem Zahnriemen 12 vom zweiten Teil 7 der Schnellspannvorrichtung weggezogen werden, und der Zahnriemen 12 somit vorgespannt wird.

Fig. 6b zeigt den zweiten Teil 7 der Spannvorrichtung im gespannten Zustand. Fig. 7 zeigt nochmals einen Teilausschnitt von Fig. 6b in Vergrößerung. Der Spannbügel 100 ist dabei um einen in einem Zapfenlagerpaar 102 des U-förmigen Rahmenprofils 103 liegenden Zapfen 101 nach hinten (also vom Zahnriemen 12 weg) in eine im wesentlichen horizontale Position umgelegt worden. Durch die sich dabei ergebende Hebelwirkung kann man mit großer Kraft am Zahnriemen 12 ziehen, und somit eine sehr hohe Straffung im Zahnriemen erzielen, wodurch sich die Positionierungsgenauigkeit des Wagens 3 in x-Richtung sehr gut kontrollieren läßt. Durch Wahl eines bestimmten Zapfenlagerpaars 102 läßt sich eine Grobeinstellung der Spannung im Zahnriemen 12 erzielen. Durch Lockern oder Anziehen der Mutter 96 auf der Schraube 95 läßt sich zusätzlich noch eine Feineinstellung der Spannung im Zahnriemen 12 erzielen.

Durch die Gesamtheit der zuvor geschilderten Maßnahmen bietet die erfindungsgemäße Motion-Control-Anlage somit einen kompakten Aufbau mit mechanischen Komponenten mit relativ geringer Masse und gleichzeitig sehr genaue und gut reproduzierbare Positionierungsmöglichkeiten bei den Kamerabewegungen, wobei diese Motion-Control-Anlage aufgrund ihrer modularen Bauweise gleichzeitig einfach und schnell auf- und abbaubar ist, und dem Kameramann bei manueller Kameraführung ein von konventionellen Kameraköpfen her vertrautes Bedienungsgefühl vermittelt.

04.08.94

- 21 - 94.08.84

## Ansprüche

1. Motion-Control-Anlage, welche einen Wagen umfaßt, der längs eines Schienenpaares eine translatorische Bewegung durchführen kann, wobei auf diesem Wagen ein um eine vertikale Achse schwenkbarer Turmaufbau eines Filmkrans aufmontiert ist, und dieser Filmkran zusätzlich einen um eine horizontal verlaufende Achse neigbaren Kameraarm aufweist, welcher an einem Ende mit einer um mehrere Achsen bewegbaren Kamerahalterung versehen ist, wobei die Antriebsbewegungen der einzelnen Baugruppen der Motion-Control-Anlage mittels Schrittmotoren durchgeführt werden, die von einem Leitreechner gesteuert werden,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zwischen diesem Schienenpaar (18) ein parallel dazu verlaufender erster Zahnriemen (12) gespannt ist, der in eine erste Gruppe von Antriebskomponenten eingreift, die eine Zahnriemenscheibe (19a) und zwei Umlenkrollen (19b, 19c) umfaßt, die am Wagen (3) des Filmkrans (1) angebracht sind und deren Drehachsen in horizontaler Richtung verlaufen,

- wobei diese Zahnriemenscheibe (19a) der erste Gruppe von Antriebskomponenten auf einem ersten Präzisionsgetriebe sitzt, welches in die Welle eines am Wagen (3) angebrachten ersten Schrittmotors greift, und wobei die Drehbewegung des ersten Schrittmotors mittels des ersten Präzisionsgetriebes und des Omega-förmig um diese Zahnriemenscheibe (19a) und diese zwei Umlenkrollen (19b, 19c) geschlungenen ersten Zahnriemens (12) auf diese Zahnriemenscheibe (19a) und diese zwei Umlenkrollen (19b, 19c) übertragen wird, wodurch eine translatorische Bewegung des Wagens (3) auf diesem Schienenpaar (18) hervorgerufen wird,

94.08.84

20.05.94  
- 22 -

- wobei diese Zahnriemenscheibe (19a) und diese zwei Umlenkrollen (19b, 19c) möglichst eng beieinander liegen, um die dazwischen liegenden, von dem ersten Zahnriemen (12) frei überspannten Strecken möglichst kurz zu halten;

daß auf diesem Wagen (3) eine zweite Gruppe von Antriebskomponenten angebracht ist, die eine kleinere Zahnriemenscheibe (9) sowie zwei Umlenkrollen (17a, 17b) und eine wesentlich größere Zahnriemenscheibe (8) umfaßt, deren Drehachsen in vertikaler Richtung verlaufen,

- wobei diese kleinere Zahnriemenscheibe (9) auf einem zweiten Präzisionsgetriebe sitzt, welches in die Welle eines am Wagen (3) angebrachten zweiten Schrittmotors greift,
- wobei ein zweiter Zahnriemen (24) um diese kleinere Zahnriemenscheibe (9) sowie Omega-förmig über die beiden Umlenkrollen (17a, 17b) geführt um die wesentlich größere und mit dem Turmaufbau (20 a, 20b) des Filmkrans (1) fest verbundene Zahnriemenscheibe (8) geschlungen ist, wodurch die Drehbewegung des zweiten Schrittmotors mittels des zweiten Präzisionsgetriebes und des zweiten Zahnriemens (24) und der mit dem Turmaufbau (20a, 20b) festverbundenen wesentlich größeren Zahnriemenscheibe (8) auf den Filmkran (1) übertragen wird, und
- wobei diese Zahnriemenscheiben (8, 9) und Umlenkrollen (17a, 17b) möglichst eng beieinander liegen, um die dazwischen liegenden, von dem zweiten Zahnriemen (24) frei überspannten Strecken möglichst kurz zu halten;

daß oberhalb der horizontal durch die vertikal verlaufende Drehachse (w) des Filmkrans (1) verlaufenden Neigungsachse (z) des Kameraarms (4) am Turmaufbau (20b) des Filmkrans (1) eine dritte Gruppe von Antriebskomponenten angebracht ist, die eine Zahnriemenscheibe (14a), zwei Umlenkrollen (14b, 14c) sowie ein im wesentlichen halbkreisförmiges Zahnriemenscheibensegment (25) umfaßt, deren Drehachsen in horizontaler Richtung verlaufen,

- wobei das im wesentlichen halbkreisförmige Zahnriemenscheibensegment (25) mit dem Kameraarm (4) fest verbunden und ebenfalls um dessen Neigungsachse (z) neigbar ist,

94.08.94

20.05.94  
- 23 -

- wobei diese Zahnriemenscheibe (14a) der dritten Gruppe von Antriebskomponenten auf einem dritten Präzisionsgetriebe sitzt, welches in die Welle eines am Wagen (3) angebrachten dritten Schrittmotors greift,
- wobei ein dritter Zahnriemen (30), welcher im wesentlichen längs des Umfangs dieses im wesentlichen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegments (25) gespannt ist, zusätzlich Omega-förmig um die Zahnriemenscheibe (14a) und die beiden Umlenkrollen (14b, 14c) der Antriebskomponenten dieser dritten Gruppe geschlungen ist, so daß die Drehung des dritten Schrittmotors mittels dieses dritten Präzisionsgetriebes und dieses dritten Zahnriemens (30) auf die Zahnriemenscheibe (14a), auf die beiden Umlenkrollen (14b, 14c) sowie auf das im wesentlichen halbkreisförmige Zahnriemenscheibensegment (25) übertragen wird, wodurch das im wesentlichen halbkreisförmige Zahnriemenscheibensegment (25) mitsamt dem Kameraarm (4) geneigt werden kann, und
- wobei diese Zahnriemenscheibe (14a) und die beiden Umlenkrollen (14b, 14c) möglichst eng beieinander sowie möglichst eng am Umfang des im wesentlichen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegments (25) liegen, um die dazwischen liegenden, vom dritten Zahnriemen (30) frei überspannten Strecken möglichst kurz zu halten.

2. Motion-Control-Anlage nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß für jede Bewegungsachse ( $w$ ,  $z$ ,  $x$ ) eine Kurbeleinheit (60) vorgesehen ist, die ein in mehreren Übersetzungsstufen schaltbares Getriebe umfaßt, welches eine erste Welle (61) umfaßt, auf der eine manuell betätigbare Kurbel (62) sowie zwei oder mehrere erste Zahnräder (63, 64, 65) unterschiedlicher Größe angebracht sind, sowie eine parallel zur ersten Welle (61) verlaufende zweite Welle (69), auf der zwei oder mehrere zu den ersten Zahnrädern (63, 64, 65) korrespondierende zweite Zahnräder (66, 67, 68) sowie eine erste Zahnriemen-

94.08.94



20.05.94  
- 24 -

scheibe (70) und ein Schwungrad (75) mit relativ großem Trägheitsmoment angebracht sind, sowie weiterhin eine parallel zur ersten Welle (61) und zur zweiten Welle (69) verlaufende dritte Welle (72), auf der eine zweite Zahnriemensscheibe (73) angebracht ist, sowie ein Positionsaufnehmer (74), der die Winkelstellung dieser dritten Welle erfaßt und ein zu dieser Winkelstellung korrespondierendes Signal auf den Leitrechner gibt,

wobei ein Zahnriemen (71) um diese erste Zahnriemensscheibe (70) auf der zweiten Welle (69) sowie um diese zweite Zahnriemensscheibe (73) auf der dritten Welle (72) geschlungen ist, und

wobei das Getriebe so geschaltet werden kann, daß jeweils eines der Zahnräder auf der ersten Welle (61) in eines der Zahnräder auf der zweiten Welle (69) greift, und sich somit die Drehung der Kurbel (62) mit einem durch die jeweils bei einer bestimmten Schaltstellung des Getriebes ineinander greifenden korrespondierenden Zahnräder der ersten und der zweiten Welle (61, 69) bestimmten Übersetzungsverhältnis auf die Schwungscheibe (75) und den Positionsaufnehmer (74) überträgt.

3. Motion-Control-Anlage nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Umlenkrollen (17a, 17b bzw. 14b, 14c) der Antriebskomponenten der zweiten bzw. dritten Gruppe auf dem Wagen (3) jeweils gegeneinander verschiebbar sind, um die Spannung des zweiten Zahnriemens (24) bzw. des dritten Zahnriemens (30) zu verändern.

94.08.94

20.05.94  
- 25 -

4. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3

**dadurch gekennzeichnet,**

daß bei den ersten bis dritten Zahnriemen (12, 24, 30) und den korrespondierenden Zahnriemenscheiben (14a, 8, 9, 19a) sowie dem im wesentlichen halbkreisförmigen Zahnriemenscheibensegment (25) halbkreisförmige Zahnprofile verwendet werden.

5. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Kameraarm (4) des Filmkrans (1) an seinem der Kamerahalterung (15) abgewandten Ende mit einem Gegengewicht (6) versehen ist.

6. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die an einem Ende des Kameraarms (4) des Filmkrans (1) angebrachte Kamerahalterung (15) einen im wesentlichen L-förmigen Kamerahalterahmen (15a) sowie eine auf diesem Kamerahalterahmen (15) fest angebrachte Auflageplatte (28) umfaßt, und mittels einer aus dem Kameraarm (4) sowie zweier parallel zu diesem Kameraarm (4) laufenden und mit ihrem einen Ende am L-förmigen Kamerahalterahmen (15), sowie mit ihrem anderen Ende an einem parallel zur Drehachse ( $z$ ) des Kameraarms (4) laufenden Drehlager (29) befestigten Zugstangen (26) gebildeten Parallelogrammführung so geführt wird, daß die Auflageplatte (28) bei allen Neigungswinkeln ( $\alpha$ ) des Kameraarms (4) horizontal ausgerichtet bleibt.

94.08.94

20.05.94  
- 26 -

7. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der im wesentlichen L-förmige Kamerahalterahmen (15a) aus seinen Halterungen (26, 27) ausbaubar und um 180° gedreht einbaubar ist.

8. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Kameraarm (4) des Filmkrans (1) aus einem Faserverbundwerkstoffrohr besteht.

9. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das im wesentlichen halbkreisförmige Zahnriemenscheibensegment (25) mit einer Nivelliervorrichtung (23) versehen ist.

10. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Schienenpaar aus modular zusammensteckbaren Einzelsegmenten besteht, welche parallel zu einander liegende Längssegmente (18) sowie senkrecht dazu laufende Quersegmente (10) umfassen, wobei der parallel zu diesen Längssegmenten (18) laufende erste Zahnriemen (12) mittels einer zweiteiligen, an parallel zu den Quersegmenten (10) laufenden Schwellen (40) angebrachten Spannvorrichtung (2, 7) gespannt werden kann.

9408384

11. Motion-Control-Anlage nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der erste Teil (2) der zweiteiligen Schnellspannvorrichtung aus einer auf einer Schwelle (40) fest angebrachten Auflageplatte (86) besteht, die an ihrer Oberseite mit zu der Zahnteilung des ersten Zahnriemens (12) korrespondierenden Zahnstegen (87) versehen ist, sowie aus einer mit dieser Auflageplatte (86) fest aber lösbar verbindbaren Stopplatte (88), die an ihrer Unterseite mit einer den Zahnriemen (12) aufnehmenden Längsnut (89) versehen ist, und

daß der zweite Teil (7) der zweiteilige Schnellspannvorrichtung aus einer auf einer weiteren Schwelle (40) fest angebrachten Grundplatte (90) besteht, die an ihrer Oberseite mit einer Nut (91) versehen ist, in der eine verschiebbare Auflageplatte (92) in Richtung der Längssegmente (18) der Schienen gleiten kann, wobei diese verschiebbare Auflageplatte (92) an ihrer Oberseite mit zur Zahnteilung des ersten Zahnriemens (12) korrespondierenden Zahnstegen versehen ist, sowie einer mit dieser verschiebbaren Auflageplatte (92) fest aber lösbar verbindbaren Stopplatte (93), die an ihrer Unterseite mit einer den Zahnriemen (12) aufnehmenden Längsnut versehen ist,

wobei diese verschiebbare Auflageplatte (92) an ihrem dem ersten Teil (2) der der zweiteiligen Schnellspannvorrichtung abgewandten Ende mit einem Fortsatz in Form einer senkrecht aufstehenden Platte (94) versehen ist, die eine horizontal verlaufende Bohrung aufweist, durch die eine Schraube (95) gesteckt ist, die an ihrem dem ersten Teil (2) der zweiteilige Schnellspannvorrichtung zugewandten Ende von einer Mutter (96) umgriffen wird, und an deren dem ersten Teil (2) der zweiteiligen Schnellspannvorrichtung abgewandten Ende ein Ringhaken (97) angebracht ist,

wobei ein im wesentlichen halbringförmig ausgebildetes Ende (98) einer ersten Gelenkstange (99) in diesen Ringhaken (97) greift, und das andere Ende dieser ersten Gelenkstange (99) zwischen den Schenkeln eines Spannbügels (100) drehbar gelagert ist,

wobei ein Ende dieses Spannbügels (100) mit einem quer dazu verlaufenden

Zapfen (101) versehen ist, der in mehreren parallel hintereinanderliegenden Paaren von als Ausnehmungen auf beiden Seiten eines im wesentlichen mit einem U-förmigen Querschnitt versehenen Rahmenprofils (103) angebrachten Zapfenlagern (102) einhängbar und in diesen drehbar gelagert ist, wodurch bei einem Drehen dieses Spannbügels (100) um diesen Zapfen (101) die erste Gelenkstange (99) und damit auch die mit dieser über den eingreifendem Ringhaken (97) der Schraube (95) verbundene verschiebbare Auflageplatte (90) und die darauf befestigte Stopplatte (93) samt dazwischen eingeklemmten ersten Zahnriemen vom ersten Teil (2) der zweiteiligen Schnellspannvorrichtung weggezogen wird.

12. Motion-Control-Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11,

**dadurch gekennzeichnet,**

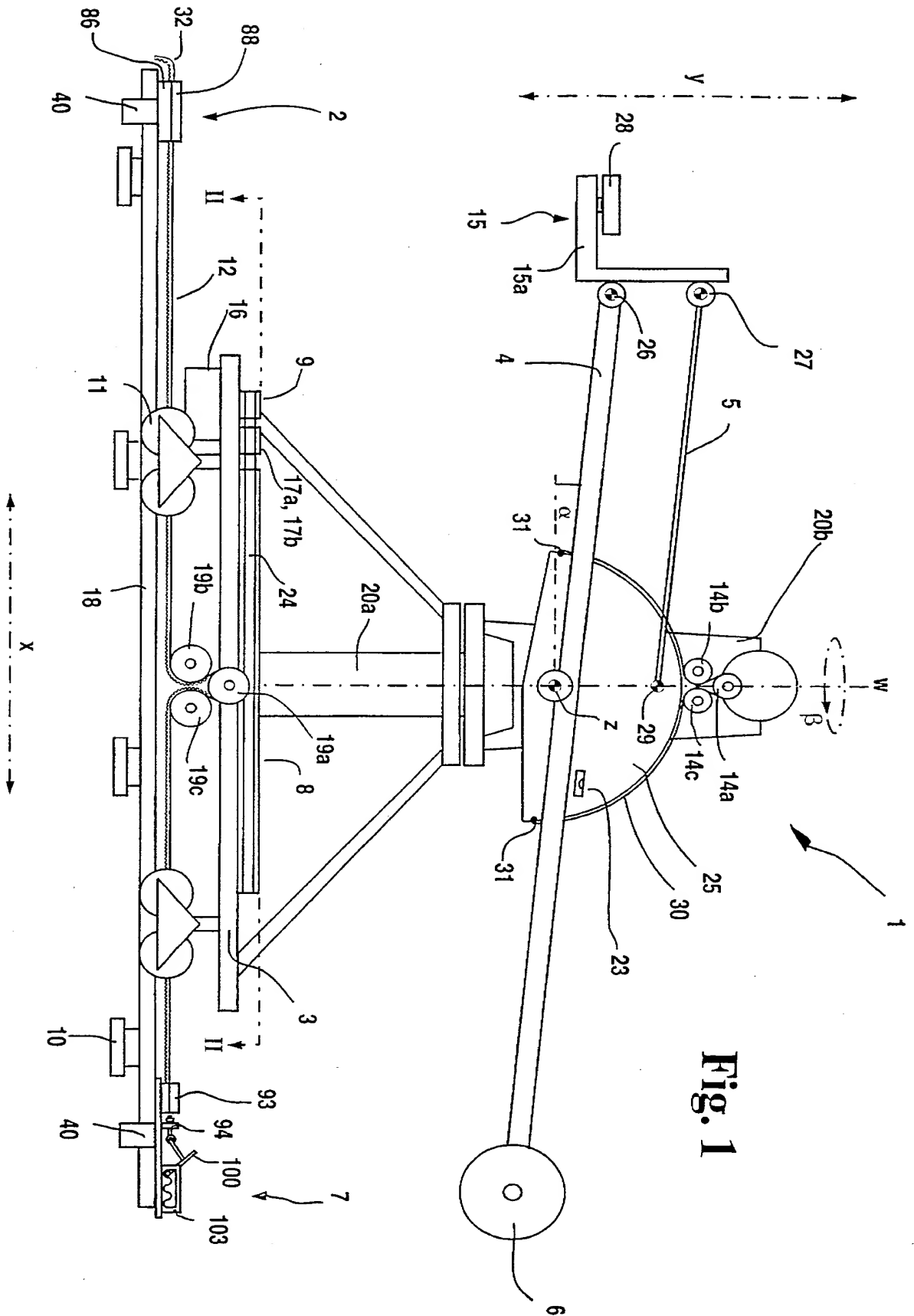
daß an jedem der zum Bewegen des Wagens (3) oder des Filmkrans (1) um einen bestimmten Bewegungsfreiheitsgrad ( $\underline{x}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) vorgesehenen Schrittmotoren ein erster, sehr feingängiger Positionsmelder angebracht ist, der die Bewegung der Antriebswelle dieses Schrittmotors mit sehr hoher Auflösung erfaßt, wobei dieser erste Positionsmelder nur dann einen Logikpegel "HIGH" aufweist, wenn ein einzelner ganz bestimmter Wert im Intervall  $[0^\circ, 360^\circ]$  für die Winkelstellung der Welle des betreffenden Schrittmotors durchlaufen wird, und ansonsten einen Logikpegel "LOW" aufweist;

daß zu jedem ersten Positionsmelder ein korrespondierender zweiter, relativ grobgängiger Positionsmelder vorgesehen ist, der die Bewegung des Wagens (3) oder des Filmkrans (1) um den jeweils betreffenden Bewegungsfreiheitsgrad ( $\underline{x}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) mit relativ niedriger Auflösung erfaßt, wobei dieser zweite Positionsmelder nur dann einen Logikpegel "HIGH" aufweist, wenn ein einzelner ganz bestimmter Wert des gesamten, aufgrund des Aufbaus der Motion-Control-Anlage möglichen Wertebereichs des jeweils betreffenden Bewegungsfreiheitsgrads ( $\underline{x}$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) durchlaufen wird, und ansonsten einen Logikpegel "LOW" aufweist; und

20.05.94  
- 29 -

daß jedem Paar eines ersten, sehr feingängigen Positionsmelders und eines zweiten, relativ grobgängigen Positionsmelders je ein korrespondierendes "UND"-Gatter zugeordnet ist, welches die Signale dieser beiden Positionsmelder empfängt, und welches ein durch eine "UND"-Verknüpfung dieser beiden Signale der Positionsmelder gewonnenes Signal auf den Leitrechner gibt.

94.08.94



2/7

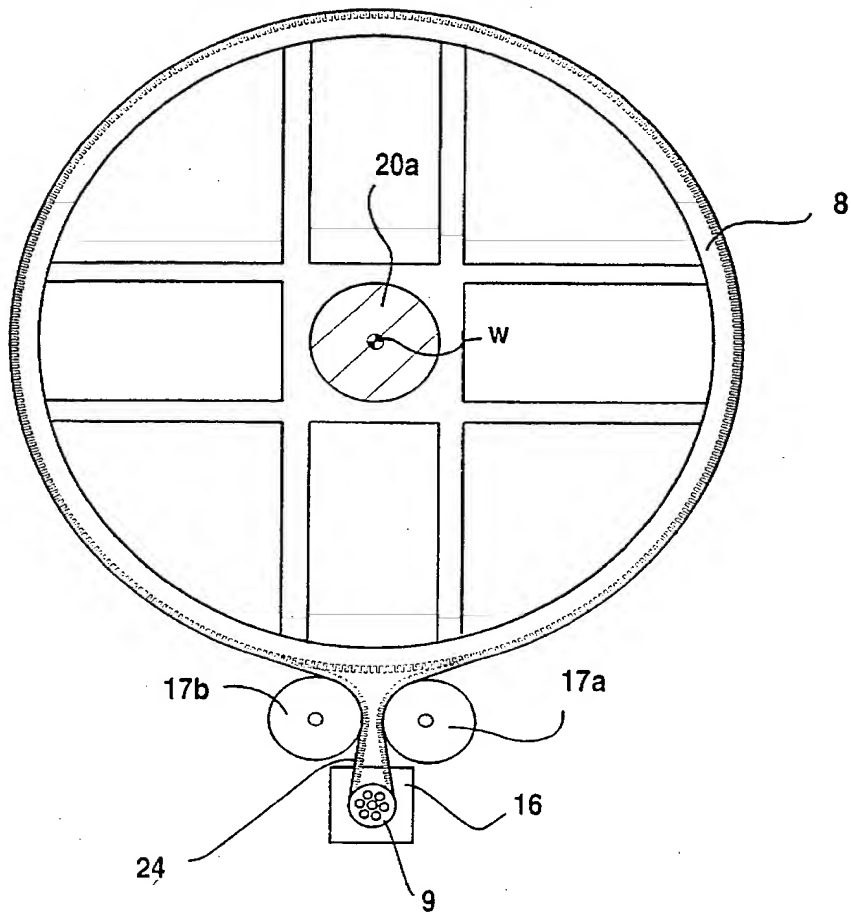
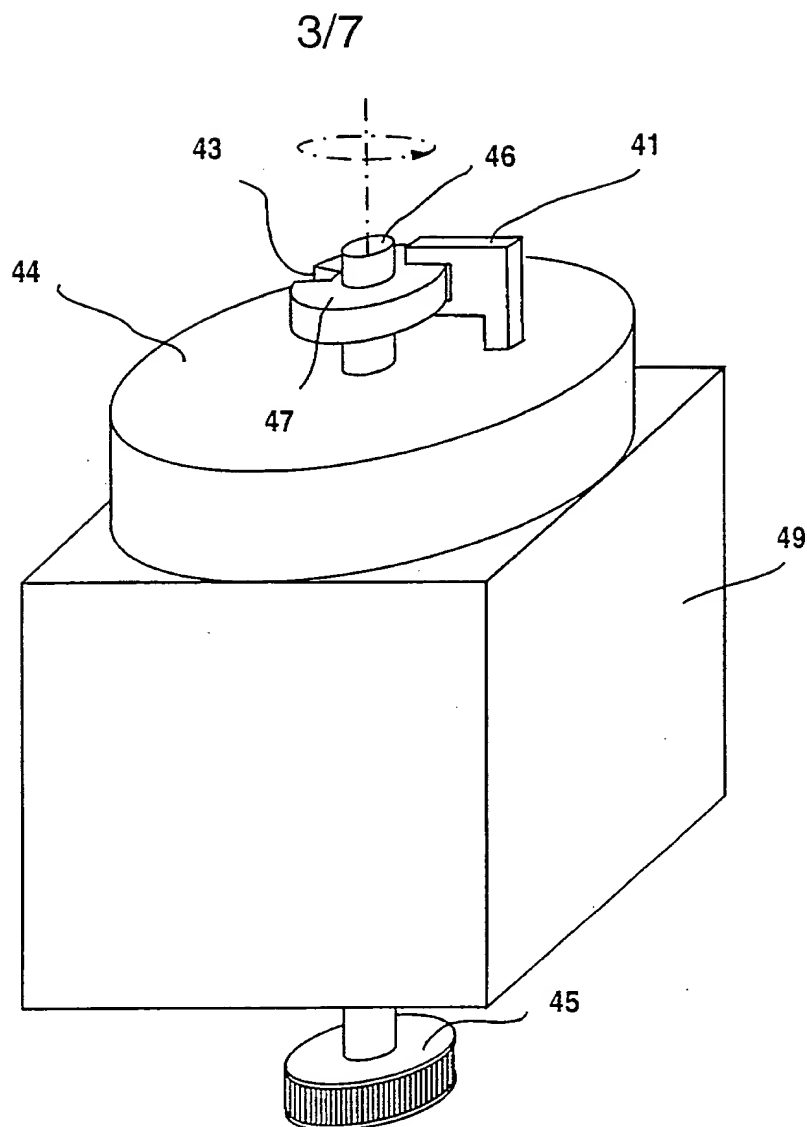


Fig. 2





**Fig. 3**

4/7

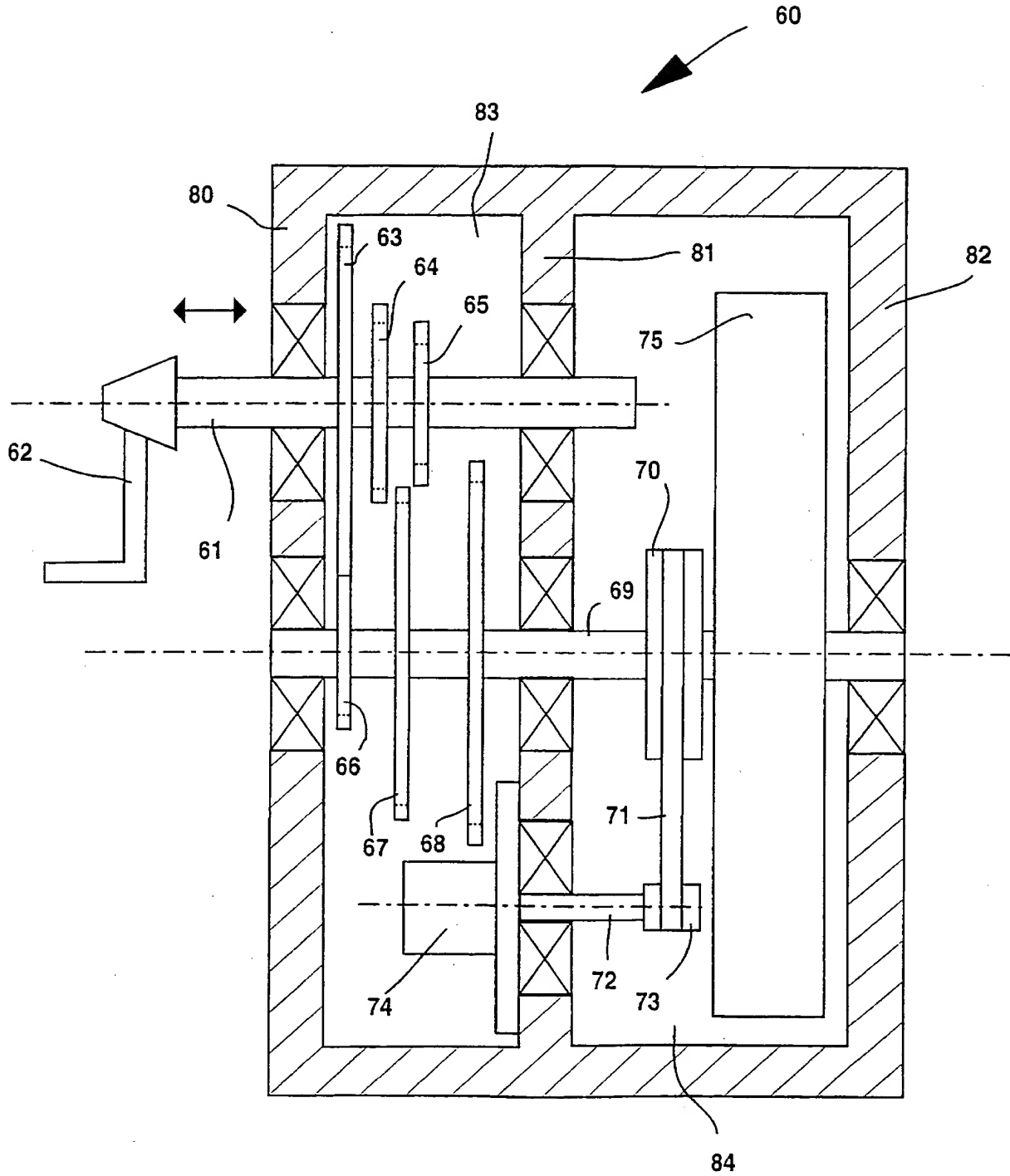
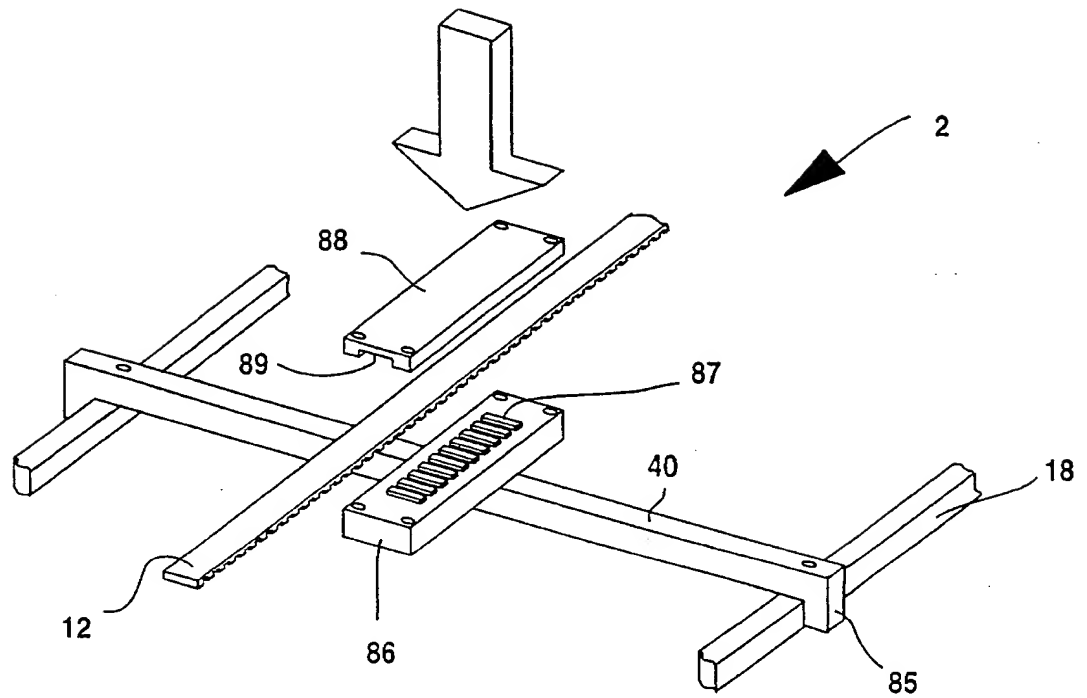


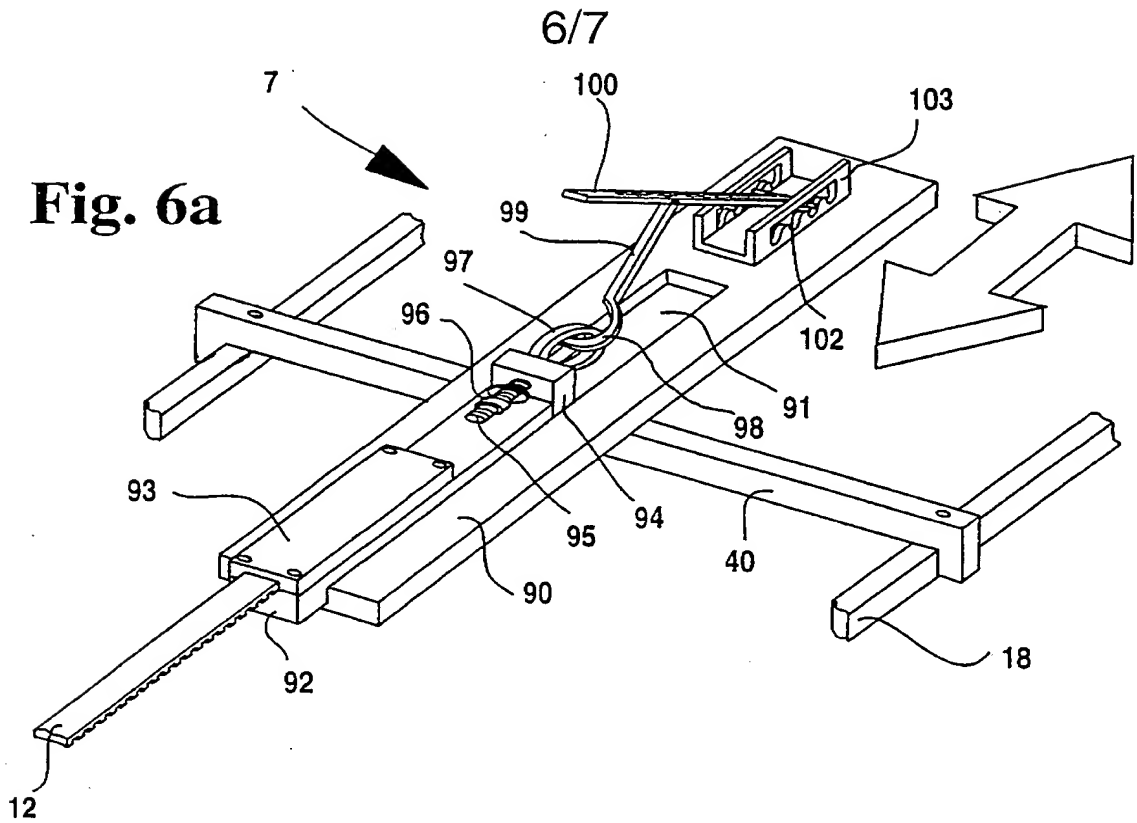
Fig. 4

5/7

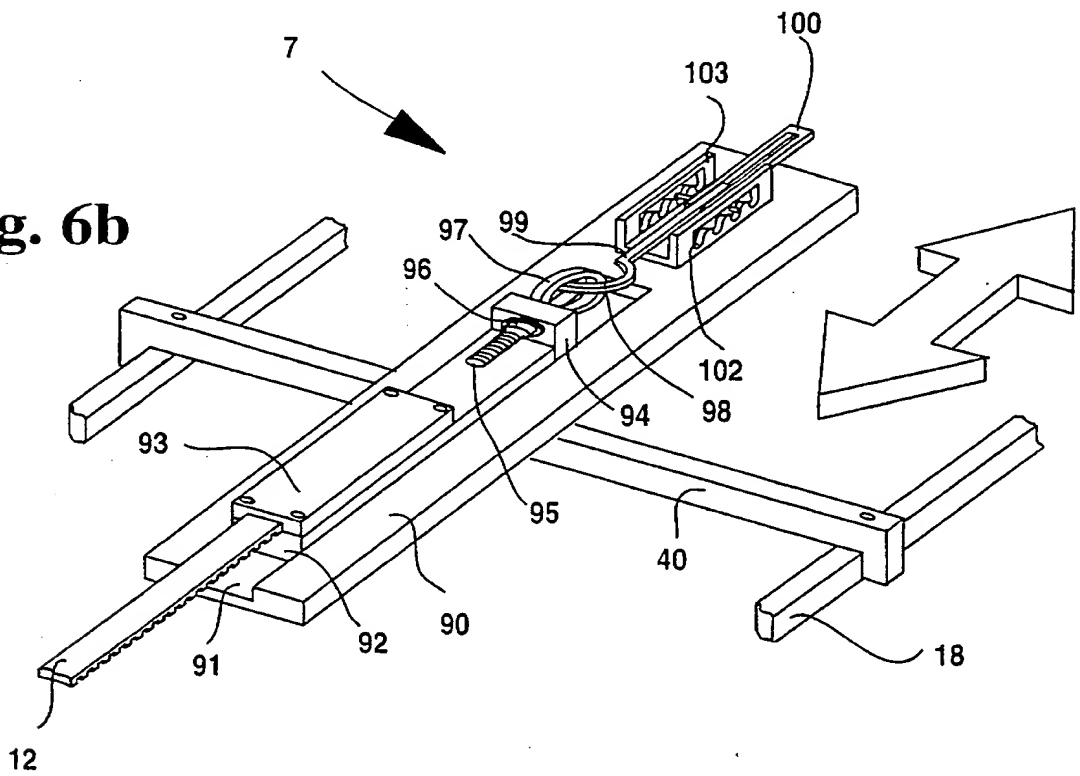


**Fig. 5**

**Fig. 6a**



**Fig. 6b**



7/7

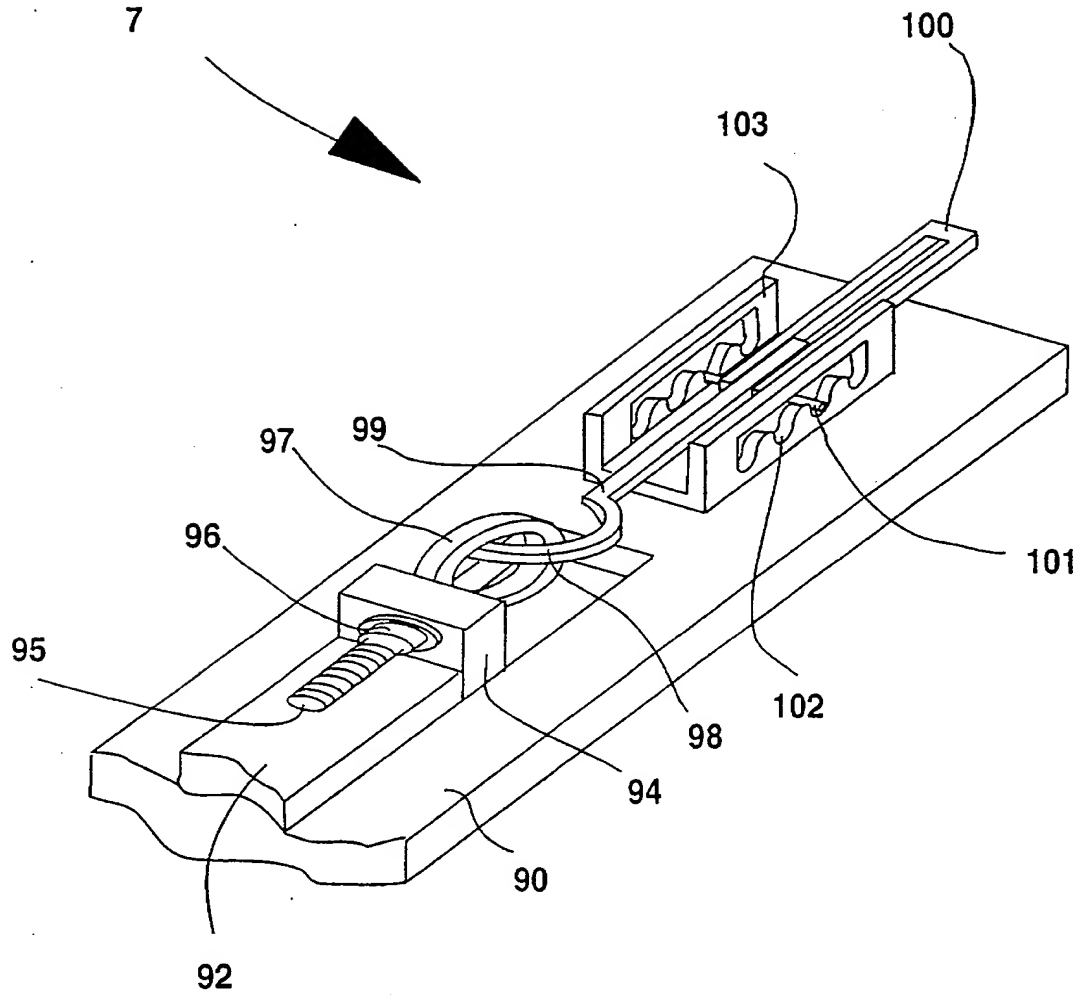


Fig. 7

**This Page Blank (uspto)**